



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 47 314 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 06 T 17/00**  
A 61 M 25/095  
A 61 B 5/055  
A 61 B 6/00  
A 61 B 8/00  
A 61 K 49/18

②1 Aktenzeichen: 100 47 314.8  
②2 Anmeldetag: 25. 9. 2000  
④3 Offenlegungstag: 5. 4. 2001

D4

DE 100 47 314 A 1

③0 Unionspriorität:  
09/408,930 30. 09. 1999 US

⑦1 Anmelder:  
Siemens Corporate Research, Inc., Princeton, N.J.,  
US

⑦4 Vertreter:  
Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,  
78048 Villingen-Schwenningen

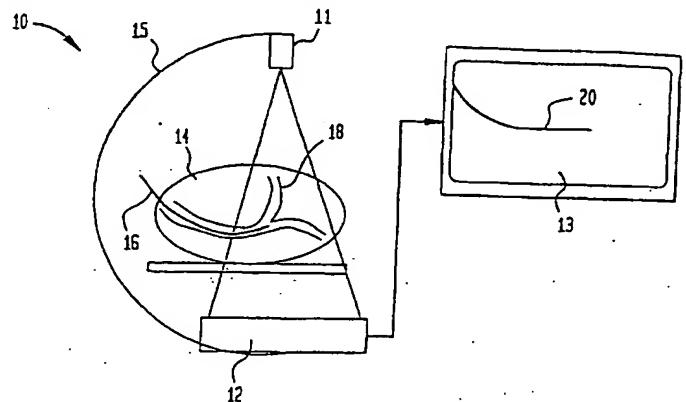
⑦2 Erfinder:  
Geiger, Bernhard, Plainsboro, N.J., US; Navab,  
Nassir, East Windsor, N.J., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels für erweiterte Angioskopie

⑤7 Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels für Blutgefäße in einem Körperteil für die Angioskopie, bei welchem Daten aus einem 3-D-Modell unter Verwendung beispielsweise eines Magnetresonanzbildes, computerisierter Tomographie (CT) und 3-D-Angio abgeleitet werden. Die Daten werden segmentiert, um ein segmentiertes 3-D-Modell der Blutgefäße zu erhalten. Ein erstes Verfahrensbild wird mit einem vorhandenen Kontrastmittel durchgeführt. Das 3-D-Modell wird sodann mit dem ersten Verfahrensbild registriert und es werden "virtuelle Kameraparamter" erhalten. Das 3-D-Modell wird wiedergegeben und dem zweiten Verfahrensbild ohne Kontrast überlagert, wodurch ein virtueller Kontrast erzielt wird.



DE 100 47 314 A 1

oder die Injektion mit virtuellem Kontrast aktiviert. Gelegentlich ist es erforderlich, die Injektion mit reellem Kontrast zu benutzen, um die Registrierung zu aktualisieren. Beispielsweise könnte eine von zwei oder zwei von drei Injektionen durch eine virtuelle Injektion ersetzt werden, welche nicht von der Belästigung für den Patienten bei einer Kontrastinjektion begleitet wird.

Es gibt einige Vorteile für ein solches Verfahren gemäß der Erfindung. Zu diesen gehört die Tatsache, daß die erforderliche Menge von zu verabreichendem Kontrastmittel verringert wird. Der Arzt wendet das Verfahren in einer gewohnten und bekannten Weise an, so daß beim Beobachten der fluoroskopischen Darstellung der Arzt die Bilder in der üblichen Weise sieht. Das erfindungsgemäße System wird in die klinische Routine nahtlos integriert, und der Arzt kann zwischen virtuellem und reellem Kontrast umschalten. Virtueller Kontrast kann auf Abschnitte angewendet werden, die weniger kritisch sind, während reeller Kontrast für die Anwendung bei Teilen gewählt wird, bei denen sich der Arzt nicht auf die Registrierung verlassen möchte. Ferner kann gemäß einem Aspekt der Erfindung der Arzt eine volle 3-dimensionale Darstellung auf einem zusätzlichen Schirm zu dem bereicherten fluoroskopischen Bild hinzu haben.

Fig. 1 zeigt in schematischer Form eine Röntgenstrahlenvorrichtung oder ein Fluoroskop 10 mit einer Strahlungsquelle 11, einem Detektor 12 und einem Schirm 13 zur Untersuchung des Körpers 14 einer Person. Strahlungsquelle 11 und Detektor 12 sind in einer bekannten Weise an einem C-Arm 15 angebracht. Ein Katheter 16 wird in ein Blutgefäß 18 des Körpers 14 eingeführt. In bekannter Weise ist der Katheter 16 auf dem Schirm 13 sichtbar, hier als Bildteil 20 auf dem Schirm 13 bezeichnet, aber das Blutgefäß 18 ist nicht sichtbar.

Fig. 2 zeigt die Wirkung des Injizierens eines Kontrastmittels in den Körper 14, so daß Blutgefäße rings um die Spitze des Katheters 16 in dem fluoroskopischen Bild auf dem Schirm 13 als Bildteile 22 aufscheinen.

Fig. 3 zeigt eine Ausformung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung mit einem computerisierten 3D-Modell 24 eines Arterienbaumes 26, der unter Verwendung eines (nicht gezeigten) Computers erzeugt wird. Information zur Erzeugung des 3D-Modells 24 eines Arterienbaums wird aus magnetischer Resonanz-Angiographie (MRA), computerisierter tomographischer Angiographie (CTA) oder 3-dimensionaler (3D) angiographischer Untersuchung (angiogram) abgeleitet. Ferner ist 28 die Stellung einer "virtuellen Kamera" entsprechend einem Betrachtungspunkt, welcher bei Verwendung zur Erzielung des 3D-Modells 24 ein Bild gleich dem fluoroskopischen Bild auf 13 erzeugt. Kameraparameter, wie Projektionswinkel, die auf das Fluoroskop 10 bezogen sind, und Information über das Registrierungs- oder Aufzeichnungsverfahren, sind erforderlich.

In jedem Zeitpunkt ist das computerisierte 3D-Modell in Übereinstimmung mit dem Fluoroskop und dem Patienten. Dies bedeutet, daß die Projektionsparameter der Röntgenstrahlen-Konfiguration dem (nicht gezeigten) Computer bekannt sind, welcher das computerisierte 3D-Modell erzeugt. Der (nicht gezeigte) Computer wird verwendet, um ein "virtuelles" Röntgenstrahlenbild vom 3D-Modell zu erzeugen, indem die Geometrieinformation für den aktuellen C-Arm verwendet wird. Die Lage der Katheterspitze innerhalb des 3D-Modells ist ebenfalls aus einem Registrierungs- oder Aufzeichnungsverfahren bekannt.

Wie in Fig. 4 dargestellt, wurde der "virtuelle Kontrast" entsprechend einer Ausführungsform der Erfindung berechnet, indem die Blutgefäße des 3D-Modells rings um die Spitze des Katheters unter Verwendung der gleichen Geometrie, wie sie zu dem C-Arm gehört, ermittelt wurde. Kurz

gesagt bedeutet dies, daß die 3D-Information über die Blutgefäße verwendet wird, um ein 2D-Bild der Blutgefäße zu erzeugen, entsprechend der Stellung des C-Arms, um zu simulieren, was von dieser Stelle aus bei Verwendung eines Kontrastmittels zu sehen wäre.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden die so erzeugten Bilder 27 der Blutgefäße dem fluoroskopischen Bild überlagert. Der virtuelle Kontrast kann in einer vorbestimmten oder künstlichen Farbe wiedergegeben werden, um dem Arzt einfach evident zu machen, daß kein reeller Kontrast verwendet wird. Alternativ kann der Kontrast durch ein anderes Bildkennzeichen, wie "Blitzen" des Bildes oder Blinken desselben, erhalten werden. Da eine 3D-Wiedergabe des Katheterortes erzeugt und gleichzeitig überlagert wird, und der reelle Katheter auf dem Fluoroskopbild ohne Kontrastinjektion stets sichtbar ist, hat der Arzt eine visuelle Kontrolle der Genauigkeit der Registrierung: wenn eine Diskrepanz in der Registrierung besteht, so sollte der Arzt ein reelles Kontrastbild verwenden, um die Daten wieder in Übereinstimmung zu bringen.

Fig. 5 zeigt die Komponenten der Anlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sowie deren Wechselwirkung. Auf der linken Seite senden der C-Arm 30 und das Fluoroskop 32 Bilder und Informationen über die Projektion (Position und Orientierung) des C-Arms zum Registrierungssystem 34. Das Registrierungssystem berechnet die Transformation zwischen dem 3D-Modell und dem C-Arm-System. Aus dieser Transformation wird die Position der Spitze des Katheters im 3D-Modell berechnet.

Das Wiedergabesystem 36 kann sodann eine 2D-Projektion des 3D-Modells erzeugen, die das 3D-Modell in einer "virtuellen" Fluoroskopansicht zeigt. Das 3D-Modell kann wahlweise vollständig oder nur als ausgewählte Teile dargestellt werden. Beispielsweise kann es erwünscht sein, nur den Teil des 3D-Modells von der Spitze des Katheters in Richtung des Blutflusses zu zeigen. Dies würde dem Chirurgen einen Einblick ähnlich dem Einblick zeigen, der erzielt wird, wenn das Kontrastmittel in das Blutgefäß durch den Katheter fließt.

Erfindungsgemäß ist jedoch kein Kontrastmittel erforderlich. Auf dem auf der rechten Seite in Fig. 5 gezeigten Computerschirm kann der Chirurg eine Wiedergabe des 3D-Modells und einen Indikator sehen, der die Spitze des Katheters oder, je nachdem, des Endoskops zeigt. Der Chirurg kann entscheiden, ob eine reelle Injektion von Kontrastmittel oder eine "virtuelle" Kontrastinjektion erforderlich ist. Wenn eine reelle Injektion gewählt wird, wird das Bild vom Fluoroskop 32 in Fig. 5 zur Registrierungseinheit gesendet und das 3D-Modell wird wieder mit dem Bild registriert.

Fig. 6 zeigt Schritte, die gemäß einer Ausführungsform der Erfindung durchzuführen sind. Ein 3D-Modell des Blutgefäßbaumes wird unter Ausnutzung einer Segmentierung konstruiert. Aus 3D-Angio-Daten, CTA- oder MRA-Daten kann der Blutgefäßbaum unter Verwendung im Handel erhältlicher privater Systeme, wie "3D-Virtuoso", segmentiert werden. Die angewendeten Techniken sind Schwellenbildung und/oder Bereichswachstum. Die Segmentierung ist ein Standardverfahren, das mit im Handel erhältlichen Produkten durchgeführt werden kann. Es ist ein Verfahren zur Identifizierung der Voxels in einem volumetrischen Datensatz (z. B. erhalten aus MRI, CT oder 3D-Angio), die zu einem bestimmten Organ (wie den Arterien), gehören. Das Ergebnis der Segmentierung ist eine binäre Klassifizierung, wobei jedes Voxel klassifiziert wird in "ist Teil des Objekts" oder "ist nicht Teil des Objekts".

Vor der Segmentierung hat jedes Voxel einen Wert, der durch eine physikalische Eigenschaft des Gewebes bestimmt wird (Dichte, Röntgenstrahlen-Absorption und

bildungsverfahren;  
 Segmentieren der Daten zur Erzielung eines segmentierten 3D-Modells der Blutgefäße;  
 Erhalten eines ersten Verfahrensbildes des Körperteils unter Benutzung einer Strahlungsquelle und eines Bild- 5  
 detektors, wobei das Verfahrensbild die Blutgefäße mit Kontrastmittelinjektion umfaßt;  
 Registrieren des segmentierten 3D-Modells mit dem Verfahrensbild und Ableiten von Parametern daraus, 10  
 die sich auf die Positionen des Körperteils, der Strahlungsquelle, des Bilddetektors und des 3D-Modells beziehen;  
 Erhalten eines zweiten Verfahrensbildes des Körperteils unter Verwendung der Strahlungsquelle und des 15  
 Bilddetektors, wobei das zweite Verfahrensbild ohne Kontrastmittelinjektion erhalten wird; und  
 Wiedergeben des 3D-Modells und Überlagern des 3D-Modells über das zweite Verfahrensbild.  
 2. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 1, bei welchem das Abbildungs- 20  
 verfahren entweder aus magnetischem Resonanzabbilden, computerisierter Tomographie (CT) oder 3D-Angio besteht und die Verfahrensbilder entweder aus magnetischer Resonanzabbildung, computerisierter Tomographie (CT), 3D-Angio, Fluoroskopie oder Ultra- 25  
 schallabbildung bestehen.  
 3. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 1, bei welchem der Schritt der Segmentierung des Etikettieren der Blutflußrichtung in den Blutgefäßen umfaßt. 30  
 4. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 1, bei welchem der Schritt des Wiedergebens einen Schritt des Auffindens einer Katheterspitze in dem zweiten Verfahrensbild umfaßt, 35  
 welches einen Untersatz des segmentierten 3D-Modells einschließlich der Katheterspitze und der strömungsabwärts gelegenen Blutgefäßteile wiedergibt.  
 5. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 4, bei welchem der Schritt des Auffindens der Katheterspitze eine Schwellenbildung 40  
 des zweiten Verfahrensbildes zur Erzeugung eines Schwellenbildes umfaßt.  
 6. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 5, welches den Schritt der Identifizierung der Spitze des Katheters als das Ende einer 45  
 Linie umfaßt, welche die Bildgrenze nicht überkreuzt und daher im Hauptteil des Schwellenbildes anwesend ist.  
 7. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 6, bei welchem der Schritt des Auffindens der Katheterspitze die Schritte des Auffin- 50  
 dens der Katheterspitze im 3D-Modell durch Ableiten einer geraden Linie im 3D-Raum aus den auf die Positionen des Körperteils, der Strahlungsquelle, des Bild-  
 detektors und des 3D-Modells und der Spitze des Katheters in dem subtrahierten Bild bezogenen Parametern umfaßt; und Feststellen des Schnittpunktes der ge- 55  
 raden Linie mit dem 3D-Modell.  
 8. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 4, bei welchem der Schritt des Auffindens der Katheterspitze folgende Schritte um- 60  
 faßt:  
 Ableiten eines subtrahierten Bildes durch Subtrahieren eines vorher gespeicherten Bildes ohne Kontrast und ohne einen Katheter aus dem zweiten Verfahrensbild 65  
 mit Katheter;  
 Schwellenbildung bei dem subtrahierten Bild; und  
 Identifizieren der Spitze des Katheters in dem subtra-

hierten Bild als das Ende einer Linie, welche die Bildgrenze nicht überkreuzt und daher im Hauptteil des subtrahierten Bildes vorhanden ist.

9. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 8, bei welchem der Schritt des Auffindens einer Katheterspitze die Schritte des Auffindens der Katheterspitze in dem 3D-Modell umfaßt, durch:

Ableiten einer geraden Linie im 3D-Raum aus den Parametern, die sich auf die Positionen des Körperteils, der Strahlungsquelle, des Bilddetektors und des 3D-Modells sowie der Spitze des Katheters im subtrahierten Bild beziehen; und

Feststellen des Schnittpunktes der geraden Linie mit dem 3D-Modell.

10. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 1, bei welchem das Wiedergeben und Überlagern unter Verwendung eines visuellen Kontrastes selektiv durchgeführt wird.

11. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 10, bei welchem der visuelle Kontrast unter Verwendung einer Kontrastfarbe durchgeführt wird.

12. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels nach Anspruch 10, bei welchem der visuelle Kontrast unter Verwendung von Intensitätsmodulierung durchgeführt wird.

13. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels für Blutgefäße in einem Körperteil, welches die folgenden Schritte umfaßt:

Erfassen von Daten für ein 3D-Modell aus einem Bildverfahren;

Segmentieren der Daten zur Erzielung eines segmentierten 3D-Modells der Blutgefäße;

Erhalten eines ersten Verfahrensbildes des Körperteils unter Verwendung einer Strahlungsquelle und eines Bilddetektors, wobei das erste Verfahrensbild die Blutgefäße mit Kontrastmittelinjektion enthält;

Registrieren des segmentierten 3D-Modells mit dem Verfahrensbild, und Ableiten von Parametern daraus, die sich auf die Positionen des Körperteils, der Strahlungsquelle, des Bilddetektors und des 3D-Modells beziehen, durch Vergleichen des ersten Verfahrensbildes mit einer Anzahl von vorberechneten Projektionen des 3D-Modells;

Erhalten eines zweiten Verfahrensbildes des Körperteils unter Verwendung der Strahlungsquelle und des Bilddetektors, wobei das zweite Verfahrensbild ohne Kontrastmittelinjektion erhalten wird;

Wiedergeben des 3D-Modells durch Auffinden einer Katheterspitze in dem zweiten Verfahrensbild, indem ein Untersatz (subset) des segmentierten 3D-Modells einschließlich der Katheterspitze und strömungsabwärts gelegener Blutgefäßteile wiedergegeben wird; und

Überlagern des 3D-Modells mit dem zweiten Verfahrensbild unter Verwendung eines visuellen Kontrastes.

14. Verfahren zur Erzielung eines virtuellen Kontrastmittels für Blutgefäße in einem Körperteil für Angioskopie, welches umfaßt:

Ableiten von Daten aus einem 3D-Modell unter Verwendung von magnetischer Resonanzabbildung, computerisierter Tomographie (CT) oder 3D-Angio;

Segmentieren der Daten zur Erzeugung eines segmentierten 3D-Modells der Blutgefäße;

Erzeugen eines ersten Verfahrensbildes mit einem vorhandenen Kontrastmittel;

Registrieren des 3D-Modells mit dem ersten Verfah-

FIG. 1

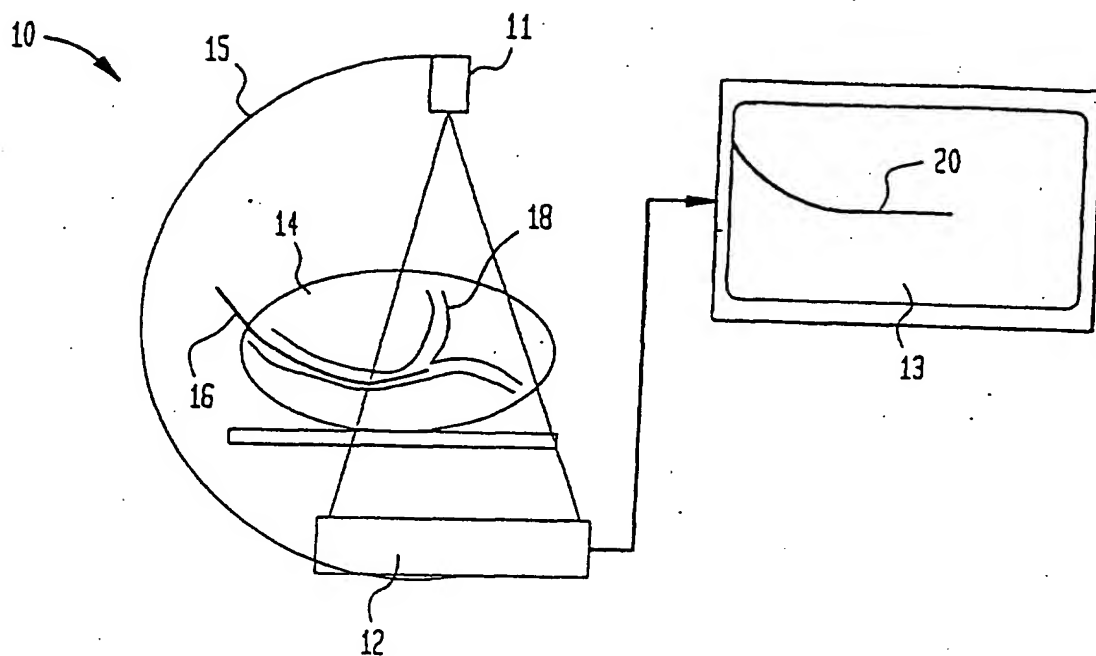


FIG. 2

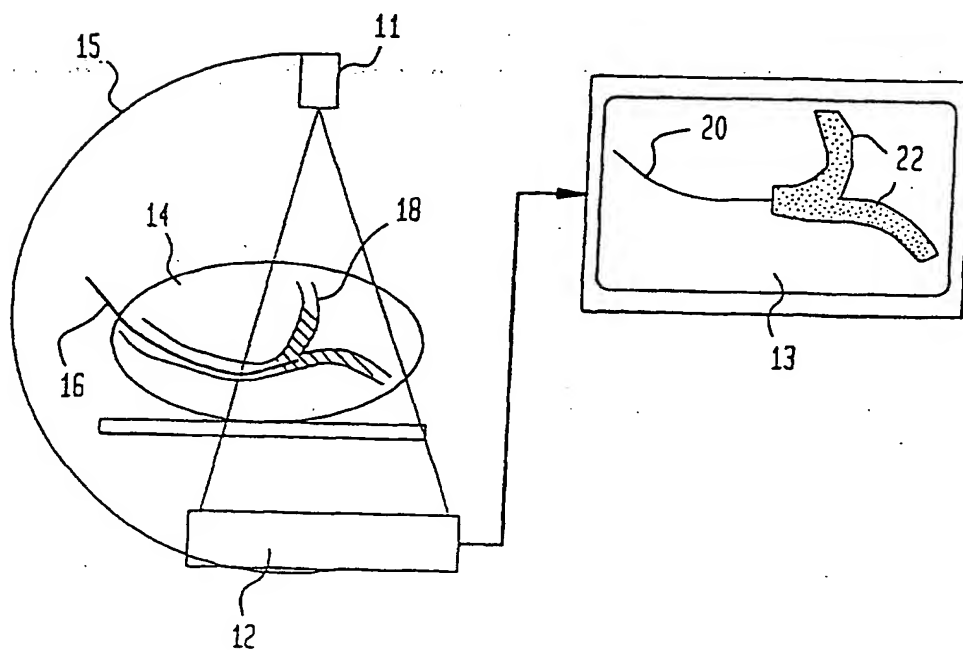


FIG. 3

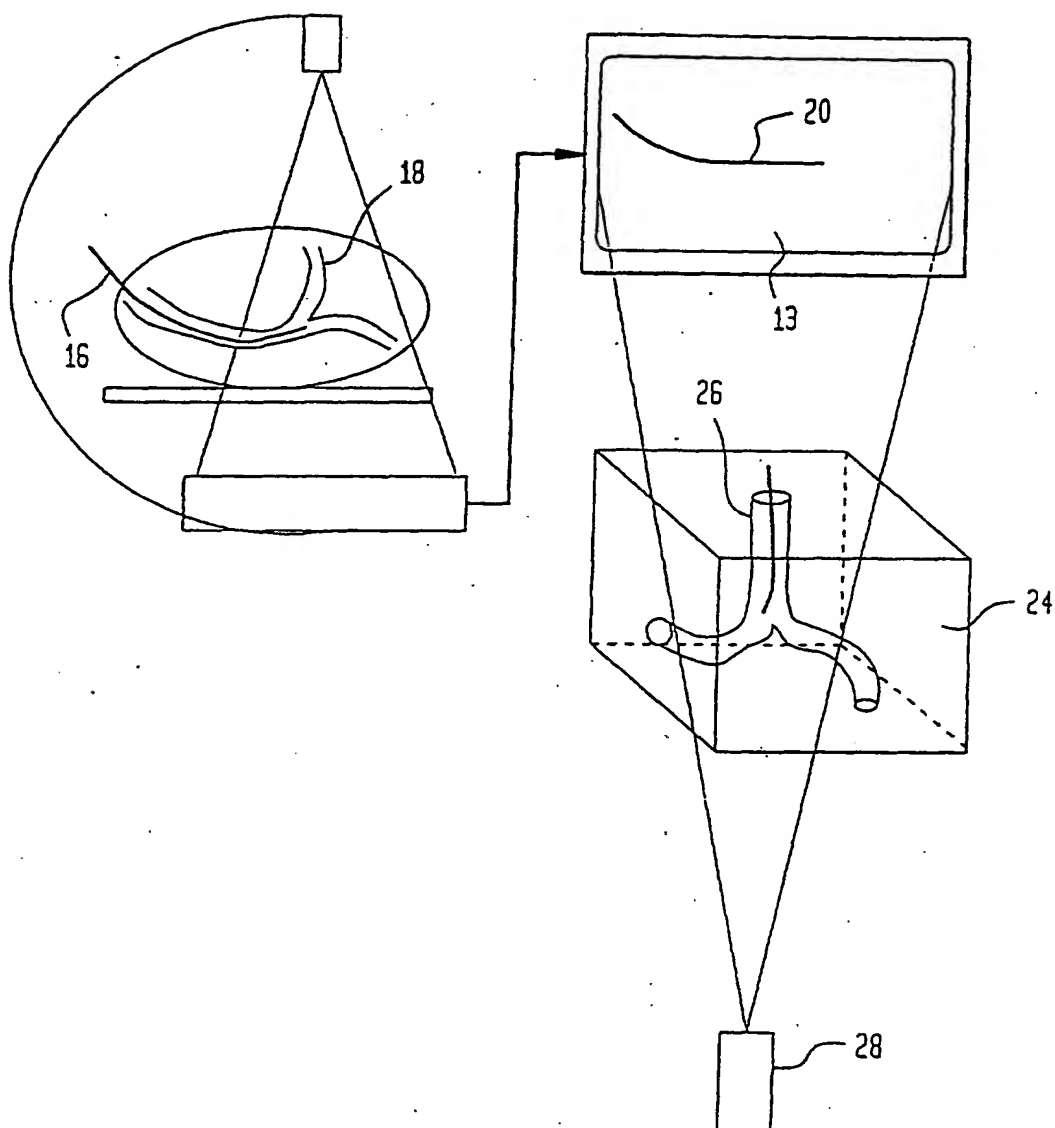


FIG. 4

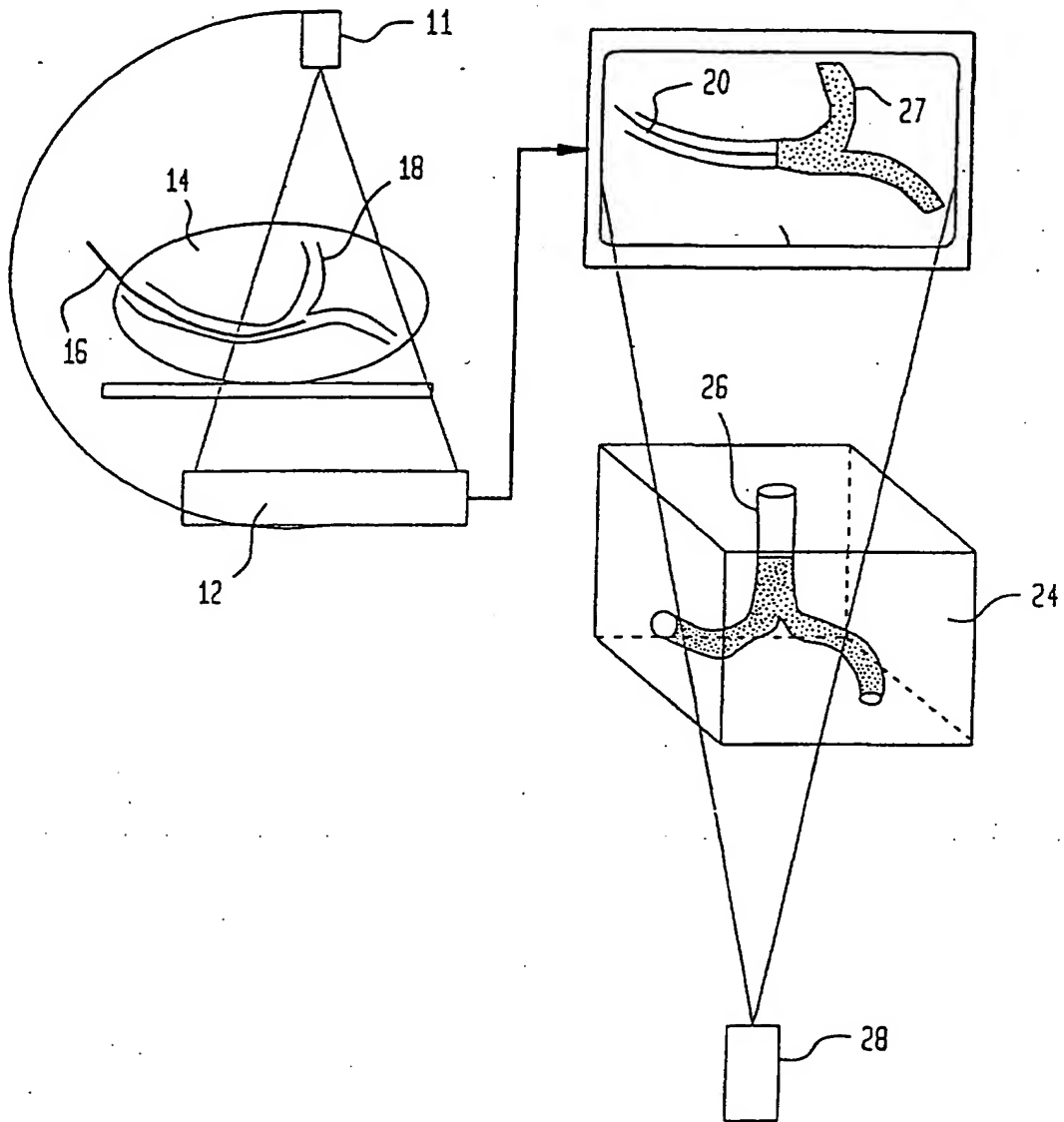


FIG. 5

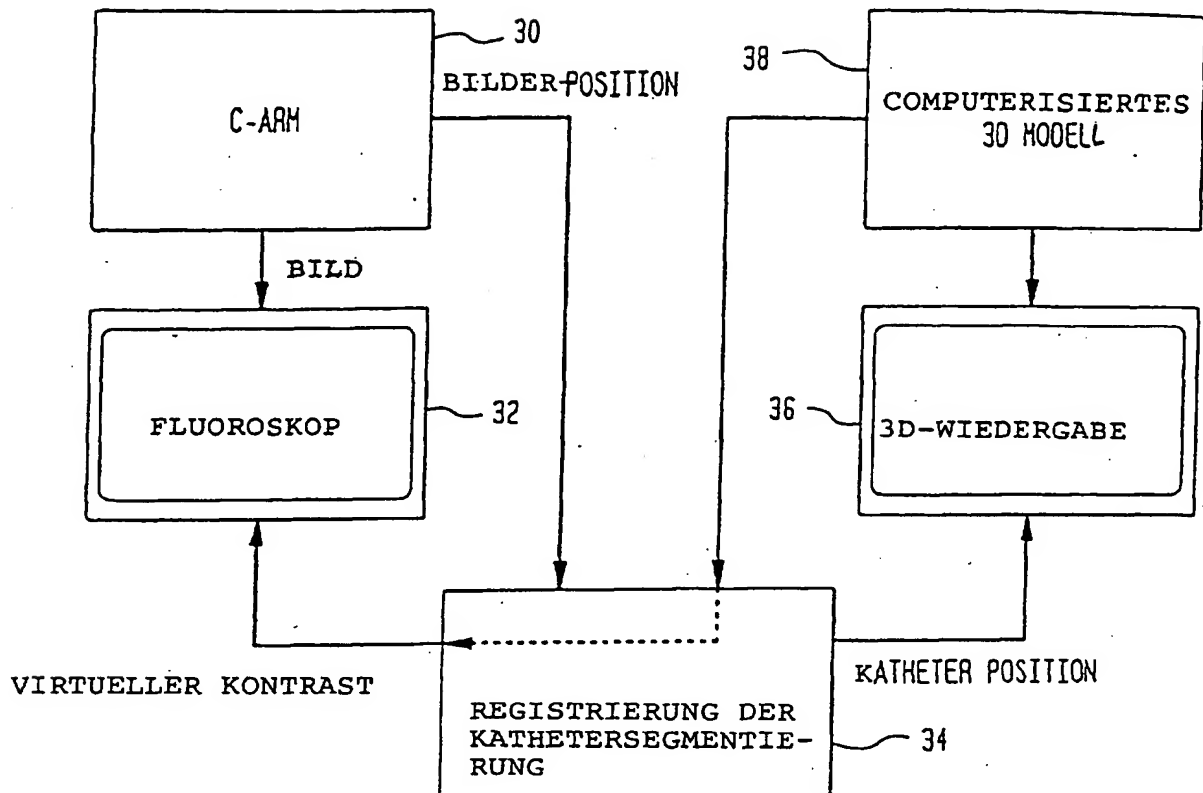


FIG. 6

